

Inductive flow sensor for determining the position of flowing elements and method of determining the position of flow

Patent Number: ☐ US2003034785
Publication date: 2003-02-20
Inventor(s): PALATA JAROMIR (DE)
Applicant(s): IFM ELECTRONIC GMBH (DE)
Requested Patent: ☐ DE10130572
Application Number: US20020183052 20020627
Priority Number(s): DE20011030572 20010627
IPC Classification: G01R35/00
EC Classification: G01B7/02
Equivalents:

Abstract

An inductive path sensor for determining the position of the influencing element (2) is described, with several coils (4) arranged in succession, with one capacitor (5), with an amplifier element (6), with at least one changeover switch (7) and with an evaluation unit (8), one coil (4) at a time and a capacitor (5) forming an oscillating circuit, and one oscillating circuit and the amplifier element (6) forming an oscillator (9), the individual coils (4) being chosen in succession by the changeover switch or switches (7) and the evaluation unit (8) measuring the change of impedance of the coil (4) chosen by the changeover switch (7) or of the oscillating circuit chosen by the changeover switch (7) depending on the position of the influencing element (2) relative to the respective coil (4)

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 101 30 572 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
G 01 B 7/02
G 01 D 5/20
G 01 D 5/24

21 Aktenzeichen: 101 30 572.9
22 Anmeldetag: 27. 6. 2001
43 Offenlegungstag: 16. 1. 2003

DE 101 30 572 A 1

71 Anmelder:
ifm electronic GmbH, 45127 Essen, DE

74 Vertreter:
Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr & Eggert,
45128 Essen

72 Erfinder:
Palata, Jaromir, 88046 Friedrichshafen, DE

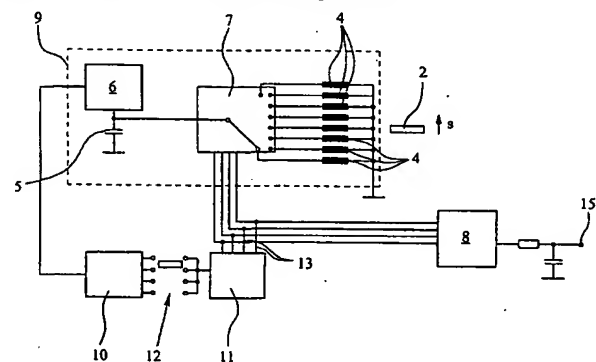
56 Entgegenhaltungen:
DE 196 32 211 A1
DE 43 37 208 A1
DE 42 32 426 A1
DE 42 13 866 A1
DE 34 23 977 A1
DE 32 45 501 A1
DE 32 44 891 A1
DE 31 02 439 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Induktiver Wegsensor zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements und Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements mit einem induktiven Wegsensor

57 Dargestellt und beschrieben ist ein induktiver Wegsensor zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements (2), mit mehreren hintereinander angeordneten Spulen (4), mit einem Kondensator (5), mit einem Verstärkerelement (6), mit mindestens einem Umschalter (7) und mit einer Auswerteeinheit (8), wobei je eine Spule (4) und der Kondensator (5) einen Schwingkreis bilden und je ein Schwingkreis und das Verstärkerelement (6) einen Oszillator (9) bilden, wobei nacheinander die einzelnen Spulen (4) durch den bzw. die Umschalter (7) angewählt werden und wobei die Auswerteeinheit (8) eine Veränderung der Impedanz der durch den Umschalter (7) angewählten Spule (4) bzw. des durch den Umschalter (7) angewählten Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements (2) relativ zu der jeweiligen Spule (4) mißt.



DE 101 30 572 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen induktiven Wegsensor, beispielsweise einen Ventilsensor, zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements, beispielsweise einer Ventilstange oder eines Kolbens, sowie ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements innerhalb eines Gehäuses mit einem induktiven Wegsensor.

[0002] Wegsensoren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements, die häufig auch als Positionssensoren bezeichnet werden, sind in einer Vielzahl von Ausführungsformen und für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten bekannt. Derartige Wegsensoren können zum einen danach unterteilt werden, ob es sich bei der Bewegung des zu überwachenden Beeinflussungselements in erster Linie um eine lineare Bewegung handelt, somit durch den Wegsensor eine Strecke erfaßt werden soll, oder ob es sich bei der Bewegung des Beeinflussungselements in erster Linie um eine kreisförmige Bewegung handelt, so daß durch den Wegsensor der Drehwinkel des Beeinflussungselements überwacht bzw. festgestellt wird. Wegsensoren, die einen Drehwinkel erfassen, werden häufig auch als Drehwinkelgeber bezeichnet.

[0003] Daneben können Wegsensoren nach ihrem physikalischen Funktionsprinzip unterteilt werden. Bekannt sind zum Beispiel induktive, kapazitive oder optoelektronische Wegsensoren.

[0004] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein induktiver Wegsensor, insbesondere ein solcher, mit dem eine lineare Bewegung eines Beeinflussungselements, d. h. eine Strecke, gemessen werden kann. Derartige bekannte induktive Wegsensoren weisen mehrere Spulen auf, von denen mindestens eine Spule als Primärspule und mindestens eine andere Spule als Sekundärspule ausgebildet sind. Die Spulen sind dabei zumeist nach dem Transformatorprinzip aufgebaut, so daß einer Primärspule seitlich benachbart jeweils eine Sekundärspule angeordnet ist. Die induktive Kopplung zwischen der mittigen Primärspule und den beiden seitlich angeordneten Sekundärspulen wird dabei durch die Position eines im Bereich der Zylinderachse des zylindrischen Spulensystems angeordneten – beispielsweise als magnetisch leitender Stab ausgebildeten – Beeinflussungselements verändert. Derartige induktive Wegsensoren sind aus der DE 43 37 208 A1 und der DE 196 32 211 A1 bekannt.

[0005] Nachteilig ist bei den bekannten induktiven Wegsensoren jedoch, daß zum einen die Baulänge des Wegsensors deutlich länger als die maximal überwachbare Strecke des Beeinflussungselements ist, so daß bei einer vorgegebenen zu überwachenden Weglänge ein bis zu 100% längerer Wegsensor erforderlich ist. Dies ist insbesondere dort, wo nur ein begrenzter Einbauraum zur Verfügung steht, unerwünscht. Zum anderen ist bei den bekannten induktiven Wegsensoren die erreichbare Meßgenauigkeit häufig nicht ausreichend oder sie kann nur durch erhöhten schaltungstechnischen Aufwand erhöht werden.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen induktiven Wegsensor zur Verfügung zu stellen, der eine möglichst geringe Baulänge aufweist und zusätzlich eine möglichst große Meßgenauigkeit ermöglicht. Darüber hinaus ist es auch Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Position eines Beeinflussungselements innerhalb eines Gehäuses mittels eines induktiven Wegsensors präzise und zuverlässig erfaßt werden kann.

[0007] Die zuvor hergeleitete und aufgezeigte Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch einen induktiven Wegsensor mit mehreren hintereinander angeordneten Spulen, mit mindestens einem Kondensator, mit mindestens einem Verstär-

kerelement, mit mindestens einem Umschalter und mit einer Auswerteeinheit, wobei je eine Spule und der bzw. ein Kondensator einen Schwingkreis bilden und je ein Schwingkreis und das bzw. ein Verstärkerelement einen Oszillator bilden, wobei nacheinander die einzelnen Spulen bzw. die einzelnen Oszillatoren durch den Umschalter angewählt werden und wobei die Auswerteeinheit eine Veränderung der Impedanz der durch den Umschalter angewählten Spule bzw. des durch den Umschalter angewählten Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements relativ zu der jeweiligen Spule mißt.

[0008] Durch die Verwendung mehrerer hintereinander angeordneter Spulen, wobei die Spulen in Richtung der festzustellenden Position des Beeinflussungselements hintereinander angeordnet sind und wobei die Auswerteeinheit durch den Umschalter nacheinander eine Veränderung der Impedanz jeder Spule bzw. jedes Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements mißt, ist ein induktiver Wegsensor realisierbar, dessen Baulänge nur geringfügig größer als die Gesamtlänge der zu überwachenden Strecke ist.

[0009] Zuvor ist ausgeführt worden, daß die Auswerteeinheit eine Veränderung der Impedanz einer jeden Spule bzw. eines jeden Schwingkreises mißt. Bevorzugt wird dabei von der Auswerteeinheit eine Veränderung der Frequenz einer jeden Spule bzw. eines jeden Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements gemessen. Daneben ist es jedoch auch möglich, daß die Auswerteeinheit eine Veränderung der Induktivität der Spule bzw. des Schwingkreises oder eine Veränderung der Amplitude des Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements mißt.

[0010] Wird gemäß der bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung durch die Auswerteeinheit die Veränderung der Frequenz gemessen, so wird in der Regel die Frequenzänderung des Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements gemessen. Zumindest theoretisch ist es jedoch auch möglich, daß die Veränderung der Frequenz allein der Spule gemessen wird, insofern, als jede reale Spule neben der in erster Linie charakteristischen Induktivität auch einen ohmschen Widerstand und mehrere parasitäre Kapazitäten aufweist. Somit weist eine reale Spule eine Eigenresonanzfrequenz auf, die durch die Induktivität und die parasitären Kapazitäten der Spule bestimmt ist. In der Regel wird jedoch die Veränderung der Frequenz des Schwingkreises, bestehend aus einer Spule und einem zusätzlichen Kondensator, von der Auswerteeinheit gemessen.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist jeder Schwingkreis denselben, insbesondere den gleichen Kondensator und jeder Oszillator dasselbe, insbesondere das gleiche Verstärkerelement auf. Mit anderen Worten weist der induktive Wegsensor zwar mehrere hintereinander angeordnete Spulen, jedoch nur einen Kondensator und auch nur ein Verstärkerelement, beispielsweise einen Operationsverstärker, auf. Die einzelnen Schwingkreise bestehen somit jeweils aus dem gleichen Kondensator und einer durch den Umschalter angewählten Spule. Dies hat zunächst den Vorteil, daß nur wenige Bauteile für den induktiven Wegsensor benötigt werden, wodurch dieser sowohl preiswert als auch mit weiter verringerter Baugröße realisiert werden kann. Darüber hinaus treten dann, wenn sich die einzelnen Oszillatoren jeweils aus dem gleichen Kondensator und aus dem gleichen Verstärkerelement zusammensetzen, keine Meßsignalverfälschungen aufgrund von Bauteilstreuungen auf, wie dies bei Verwendung mehrerer Kondensatoren oder mehrerer Verstärkerelemente der Fall wäre.

[0012] Wenn zuvor ausgeführt worden ist, daß der induktive Wegsensor gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung nur einen Kondensator und nur ein Verstärkerelement aufweist, so ist damit selbstverständlich nur gemeint, daß die einzelnen Spulen über den Umschalter stets mit dem gleichen Kondensator bzw. mit dem gleichen Verstärkerelement zusammengeschaltet werden, wodurch eine der Anzahl der Spulen entsprechende Anzahl von Oszillatoren realisiert wird. Selbstverständlich ist es auch möglich, daß das Verstärkerelement schaltungstechnisch durch zwei oder mehr Verstärkerelemente, beispielsweise durch zwei Operationsverstärker, realisiert ist. Ebenso kann der Kondensator des Schwingkreises schaltungstechnisch durch mehrere Kondensatoren realisiert sein.

[0013] Die Beeinflussung der Spule bzw. des Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements beruht theoretisch auf drei unterschiedlichen physikalischen Effekten, die sich je nachdem, welche Art von Beeinflussungselement verwendet wird, unterschiedlich stark auswirken.

[0014] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird bevorzugt ausgewertet eine Beeinflussung der Impedanz des Schwingkreises durch das Beeinflussungselement aufgrund des Transformatorprinzips. Der hier als Transformatorprinzip bezeichnete physikalische Effekt beruht darauf, daß die Spule des Schwingkreises ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt, das in einem benachbarten Körper – dem Beeinflussungselement – zunächst nach dem Induktionsgesetz eine Spannung induziert. Bei Verwendung eines Beeinflussungselements aus einem Material mit einer hinreichend großen Leitfähigkeit führt die induzierte Spannung zu einem Stromfluß im Beeinflussungselement. Dieser, aus der im Beeinflussungselement induzierten "sekundären" Spannung resultierende Strom hat seinerseits ein elektromagnetisches Wechselfeld zur Folge, das dem "primären" elektromagnetischen Wechselfeld, d. h. dem durch die Spule erzeugten elektromagnetischen Wechselfeld, entgegengerichtet ist. Dieses entgegengerichtete "sekundäre" elektromagnetische Wechselfeld bewirkt eine Verringerung der Induktivität und somit eine Vergrößerung der Frequenz des Schwingkreises. Bevorzugt wird nun diese Frequenzerhöhung in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements durch die Auswerteeinheit gemessen und ausgewertet.

[0015] Der zweite physikalische Effekt, der bei der Beeinflussung der Impedanz des Schwingkreises durch das Beeinflussungselement auftritt, ist die Beeinflussung des magnetischen Widerstandes des magnetischen Kreises. Befindet sich kein Beeinflussungselement in der Nähe der Spule, so ist der magnetische Widerstand allein durch die Luft bestimmt und somit sehr groß. Befindet sich ein Beeinflussungselement aus einem vorzugsweise ferromagnetischen Material in der Nähe der Spule, so wird dadurch der elektromagnetische Widerstand des magnetischen Kreises reduziert, was an einer Reduzierung der Frequenz des Schwingkreises festgestellt werden kann.

[0016] Der dritte physikalische Effekt, der bei der Beeinflussung der Impedanz des Schwingkreises durch ein Beeinflussungselement auftritt, ist die "echte" Bedämpfung des Schwingkreises, indem dem elektromagnetischen Wechselfeld des Schwingkreises aufgrund von Wirbelstromverlusten im Beeinflussungselement Energie entzogen wird. Dieser hier als "echter" Bedämpfung bezeichnete physikalische Effekt wird in der Regel bei induktiven Näherungsschaltern ausgewertet.

[0017] Da theoretisch alle drei Effekte wirksam sind, muß dafür gesorgt werden, daß die beiden Effekte, die zur Auswertung nicht herangezogen werden sollen, vernachlässigbar klein sind gegenüber dem Effekt, der zur Auswertung

herangezogen werden soll.

[0018] Wird zur Auswertung der Transformatoreffekt herangezogen, wie vorzugsweise vorgesehen, dann darf dieser Transformatoreffekt nicht konterkariert werden dadurch, daß durch ferromagnetisches Material der Widerstand des magnetischen Kreises und damit die Frequenz reduziert wird. Vorzugsweise wird die Beeinflussung aufgrund des Transformatorprinzips ausgewertet, weil dabei durch eine geeignete Wahl der Frequenz sichergestellt werden kann, daß die Meßergebnisse im wesentlichen unabhängig von dem verwendeten Material des Beeinflussungselements sind. Der ferromagnetische Einfluß kann dann unberücksichtigt bleiben. Die dafür zu wählende Frequenz des unbeflußten Schwingkreises liegt vorzugsweise oberhalb von 500 kHz, beispielsweise zwischen 500 kHz und 10 MHz.

[0019] Hinsichtlich der Art und Weise, wie eine Veränderung der Impedanz des durch den Umschalter angewählten Schwingkreises durch die Auswerteeinheit gemessen und ausgewertet wird, gibt es mehrere unterschiedliche, dem Fachmann bekannte Möglichkeiten, die sich unter anderem dadurch unterscheiden, wie aufwendig die Auswerteeinheit ausgebildet und aufgebaut ist. In der Regel weist die Auswerteeinheit zumindest einen Mikroprozessor auf, in dem die gemessenen Werte verarbeitet, umgewandelt und ggf. in einem zusätzlichen Speicher gespeichert werden können.

[0020] Wird gemäß der bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung die Veränderung der Frequenz des Schwingkreises durch das Beeinflussungselement gemessen, so weist der erfindungsgemäße induktive Wegsensor vorteilhafterweise mindestens einen Zähler auf, der einerseits mit dem Oszillator und andererseits mit der Auswerteeinheit verbunden ist. Gemäß einer ersten, bevorzugten Ausgestaltung zählt der Zähler die Anzahl der Schwingungen so lange, bis ein voreingestellter Wert erreicht ist und mißt die Auswerteeinheit die Zeit, die vergeht, bis der Zähler diesen voreingestellten Wert erreicht hat. Besonders vorteilhaft ist hierbei, daß eine Zeitmessung mit der Auswerteeinheit, beispielsweise einem Mikroprozessor, sehr einfach realisiert werden kann. Wird nach dem Transformatorprinzip gearbeitet, so daß die Anwesenheit des Beeinflussungselements vor der angewählten Spule die Frequenz des Schwingkreises erhöht, so wird dies bei der zuvor beschriebenen Art der Auswertung dadurch festgestellt, daß der Zähler den voreingestellten Wert schneller erreicht, verglichen mit dem Zustand, daß die Spule und damit der Schwingkreis von dem Beeinflussungselement unbeeinflusst ist. Die Auswerteeinheit mißt somit eine im Vergleich zum unbeeinflussten Zustand kürzere Zeit. [0021] Bei einer alternativen Ausgestaltung zählt der Zähler die Anzahl der Schwingungen des Oszillators während einer vorgegebenen Zeitdauer und wird diese Anzahl von der Auswerteeinheit ausgewertet.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der induktive Wegsensor einen zweiten Zähler auf, der einerseits mit dem ersten Zähler und andererseits mit der Auswerteeinheit und dem Umschalter verbunden ist. Der zweite Zähler erzeugt Adressen, vorzugsweise im Dual-Code, die bei eins beginnend jeweils um eins erhöht werden, wenn der erste Zähler den voreingestellten Wert erreicht hat oder die vorgegebene Zeitdauer gezählt hat. Dadurch, daß der zweite Zähler mit dem Umschalter verbunden ist, wird der Umschalter durch die vom zweiten Zähler erzeugte Adresse umgeschaltet und damit die nächste Spule angewählt. Durch die Hintereinanderschaltung der beiden Zähler erfolgt das Schalten des Umschalters und das Anwählen der nächsten Spule automatisch zum richtigen und gleichzeitig schnellstmöglichen Zeitpunkt, wodurch die Reaktionsschnelligkeit des induktiven Wegsensors vergrößert wird.

[0023] Für den erfindungsgemäßen induktiven Wegsensor können grundsätzlich beliebig viele und unterschiedliche Arten von Spulen verwendet werden. Besonders praktisch bezüglich des Bauteilaufwands und der Auswertungen ist es jedoch, wenn beispielsweise 8, 16 oder auch 32 Spulen verwendet werden, die dann entsprechend mit einem, zwei oder vier Multiplexern 1 aus 8 angewählt werden. Derartige Multiplexer 1 aus 8 sind handelsüblich und daher relativ preiswert erhältlich.

[0024] Die einzelnen Spulen sind vorzugsweise jeweils identisch aufgebaut und können beispielsweise als hohlzylindrische Spulen oder als Flachspulen ausgebildet sein. Auch sind die einzelnen Spulen vorzugsweise symmetrisch zueinander angeordnet. Sind die Spulen als hohlzylindrische Spulen ausgebildet, so ist das Beeinflussungselement entlang der Zylinderachse der Spulen, beispielsweise innerhalb eines Rohres, beweglich angeordnet. Das Beeinflussungselement ist dann vorzugsweise ebenfalls zylindrisch, beispielsweise scheibenförmig oder stabförmig, ausgebildet.

[0025] Gemäß einer letzten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen induktiven Wegsensors, die hier noch kurz erläutert werden soll, sind die einzelnen Spulen so ausgebildet bzw. angeordnet, daß sie untereinander entkoppelt sind.

[0026] Sind die einzelnen Spulen relativ dicht zueinander angeordnet, was aufgrund der gewünschten geringen Baulänge des induktiven Wegsensors in der Regel der Fall ist, so besteht eine auf das Meßergebnis sich negativ auswirkende relativ große elektromagnetische Kopplung zwischen benachbarten Spulen. Die durch den Umschalter nicht angewählte Spule ist gemäß der bevorzugten Ausgestaltung nicht mit einem separaten Kondensator verbunden, so daß diese Spule nur ihre – eingangs bereits erwähnten – parasitären Kapazitäten aufweist. Da diese parasitären Kapazitäten wesentlich geringer als die Kapazität des Kondensators des Schwingkreises sind, hat eine nicht angewählte Spule eine höhere Eigenresonanzfrequenz. Wegen des größeren Verhältnisses von Induktivität zu Kapazität hat die nicht angewählte Spule auch eine deutlich höhere Güte als die durch den Umschalter gerade angewählte, mit dem Kondensator des Schwingkreises verbundene Spule. Dies führt in einem kleinen Frequenzbereich sprunghaft zu einer Frequenzführung des Oszillators durch die nicht angewählte Spule, wodurch die Frequenz des Oszillators verstümmt wird und somit das Meßsignal die tatsächliche Position des Beeinflussungselements fehlerhaft wiedergibt.

[0027] Zur Verhinderung oder Abschwächung dieser unerwünschten Kopplung zwischen benachbarten Spulen gibt es nun verschiedene Möglichkeiten, die einzelnen Spulen untereinander zu entkoppeln. Eine erste, bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen induktiven Wegsensors besteht darin, daß die einzelnen Spulen jeweils in einem Schalenkern angeordnet sind, wobei die Schalenkerne zum Beeinflussungselement hin offen sind. Die Verwendung von Schalenkernen, die an sich beispielsweise bei induktiven Näherungsschaltern bekannt sind und aus einem Material mit einer möglichst hohen Permeabilität bestehen, eignet sich insbesondere dann, wenn hohlzylindrische Spulen verwendet werden.

[0028] Die Verwendung derartiger Schalenkernen bewirkt neben der primär gewünschten Entkopplung der benachbarten Spulen in vorteilhafter Weise auch eine Ausrichtung des elektromagnetischen Feldes in Richtung der Zylinderachse der Spulen und somit in Richtung eines sich vor der Spule befindenden Beeinflussungselements. Dadurch wird das zur Verfügung stehende Nutzsignal vergrößert. Darüber hinaus erfolgt durch die Verwendung von Schalenkernen auch eine Abschirmung des induktiven Wegsensors gegenüber der

Umgebung, so daß zum einen durch den induktiven Wegsensor keine elektromagnetischen Felder in die Umgebung abgestrahlt werden, zum anderen eine Störung des Meßsignals durch sich in der Nähe des induktiven Wegsensors befindende Gegenstände, insbesondere Metallgegenstände, verhindert wird.

[0029] Alternativ zur Verwendung von Schalenkernen können die einzelnen Spulen untereinander auch dadurch entkoppelt werden, daß die Spulen auf einem flexiblen Träger aus einem Ferrit-Polymer-Composit angeordnet sind, wobei durch eine entsprechende Faltung des flexiblen Trägers bzw. von Teilen des flexiblen Trägers die einzelnen Spulen gegeneinander abgeschirmt sind. Daneben oder zusätzlich ist es auch möglich, die einzelnen Spulen durch Kurzschlußringe voneinander zu trennen.

[0030] Die eingangs genannte Aufgabe wird bei einem Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements mit einem induktiven Wegsensor mit mehreren hintereinander angeordneten Spulen, mit mindestens einem Kondensator, mit mindestens einem Verstärkerelement, mit mindestens einem Umschalter und einer Auswerteeinheit zunächst und im wesentlichen dadurch gelöst, daß das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Anwählen einer Spule bzw. eines Oszillators durch den Umschalter,

Messen der Impedanz der durch den Umschalter angewählten Spule bzw. des durch den Umschalter angewählten Schwingkreises durch die Auswerteeinheit in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements relativ zu der Spule,

wobei die vorgenannten Schritte so oft wiederholt werden, bis die Impedanz aller Spulen durch die Auswerteeinheit gemessen worden ist.

[0031] Dieses Verfahren läßt sich bevorzugt mit dem zuvor beschriebenen induktiven Wegsensor durchführen.

[0032] Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements, beispielsweise eines Kolbens, mit einem induktiven Wegsensor durchgeführt, der einen ersten Zähler und einen zweiten Zähler aufweist. Der erste Zähler ist dabei einerseits mit dem Oszillator und andererseits mit der Auswerteeinheit und der zweite Zähler einerseits mit dem ersten Zähler und andererseits mit der Auswerteeinheit und mit dem Umschalter verbunden.

[0033] Der erste Zähler, der die Anzahl der Schwingungen des gerade angewählten Oszillators zählt, gibt beim Erreichen eines voreingestellten Wertes einen Impuls an den zweiten Zähler ab, wobei der zweite Zähler Adressen erzeugt, die bei eins beginnend jeweils um eins erhöht werden, wenn der zweite Zähler den Impuls vom ersten Zähler erhält. Die Adresse, die vorzugsweise im Dual-Code erzeugt wird, bewirkt zunächst ein Weiterschalten des Umschalters. Darüber hinaus erhält die Auswerteeinheit aus der vom zweiten Zähler erzeugten Adresse zum einen die Information, welche Spule gerade durch den Umschalter angewählt ist, zum anderen auch die Information, wie lange die jeweilige Adresse anliegt, und damit die Information, wie lange der erste Zähler gebraucht hat, um den voreingestellten Wert beim Zählen der Schwingungen des Oszillators zu erreichen. Diese Zeitdauer ist, wie zuvor bereits ausgeführt, ein Maß für die Beeinflussung der Frequenz des Schwingkreises und damit ein Maß für die Position des Beeinflussungselements.

[0034] Besonders einfach kann die Zeitdauer, die die jeweilige Adresse anliegt, dadurch von der Auswerteeinheit ermittelt werden, daß die Auswerteeinheit die Zeit zwischen den High/Low-Flanken am niederwertigsten Ausgang des zweiten Zählers mißt. Die im Dual-Code anliegende

Adresse des zweiten Zählers wird somit als Torzeit für die Auswerteeinheit benutzt.

[0035] Gemäß einer letzten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die hier noch kurz beschrieben werden soll, wird in einem Eichvorgang das Beeinflussungselement über die maximal meßbare Länge des induktiven Weggebers verfahren und werden die während des Eichvorgangs erhaltenen Werte als Korrektur- bzw. Referenzwerte in der Auswerteeinheit bzw. in einen zusätzlichen Speicher gespeichert. Hierdurch ist es möglich, unterschiedliche Beeinflussungselemente mit unterschiedlichen Abmessungen oder aus unterschiedlichen Materialien zu verwenden. Auch können durch einen solchen Eichvorgang Bauteiltoleranzen des induktiven Wegsensors oder Veränderungen aufgrund von Temperaturschwanken kompensiert werden.

[0036] Im einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, den erfindungsgemäßen induktiven Wegsensor bzw. das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements mit einem induktiven Wegsensor auszugestalten und weiterzubilden. Solche Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den dem Patentanspruch 1 bzw. dem Patentanspruch 18 nachgeordneten Patentansprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

[0037] Fig. 1 eine Prinzipsskizze eines Schaltungsaufbaus eines induktiven Wegsensors gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung.

[0038] Fig. 2 eine Prinzipsskizze eines Schaltungsaufbaus eines induktiven Wegsensors gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung.

[0039] Fig. 3 einen Schaltungsaufbau eines induktiven Wegsensors gemäß der ersten Ausgestaltung der Erfindung.

[0040] Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Wegsensors.

[0041] Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen induktiven Wegsensors.

[0042] Fig. 6 eine Anordnung mehrerer als Flachspulen ausgebildeter Spulen eines induktiven Wegsensors, auf einem flexiblen Träger.

[0043] Fig. 7 eine weitere Anordnung mehrerer als Flachspulen ausgebildeter Spulen eines induktiven Wegsensors, auf einem Träger.

[0044] Fig. 8 eine Anordnung mehrerer hohlzylindrischer Spulen eines induktiven Wegsensors, wobei die einzelnen Spulen jeweils auf einem flexiblen Träger angeordnet sind, sowie eine Darstellung eines solchen flexiblen Trägers und

[0045] Fig. 9 mehrere Meßkurven der einzelnen Spulen eines induktiven Wegsensors in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements bei einem stabförmigen Beeinflussungselement und bei einem scheibenförmigen Beeinflussungselement.

[0046] Die Figuren zeigen einen induktiven Wegsensor 1 zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements 2 nur in den Fig. 4 und 5, wobei auch hier der induktive Wegsensor 1 nur unvollständig dargestellt ist, insbesondere ein den induktiven Wegsensor 1 aufnehmendes Gehäuse nicht dargestellt ist. Das Beeinflussungselement 2 ist am Ende einer Stange 3 angeordnet, die aus einem Material besteht, welches die Impedanz der Spulen nicht beeinflusst, beispielsweise aus Kunststoff.

[0047] Wesentlich ist bei dem erfindungsgemäßen induktiven Wegsensor 1 ebenso wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements 2 mit einem induktiven Wegsensor 1 weniger die äußere Gestaltung des induktiven Wegsensors 1 als vielmehr der schaltungstechnische Aufbau des induktiven Weg-

sensors 1 sowie die Anordnung und Ausbildung der einzelnen Spulen 4 des induktiven Wegsensors 1.

[0048] Die Fig. 1 zeigt schematisch den Schaltungsaufbau eines induktiven Wegsensors 1 gemäß einer ersten, bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung. Ein konkreterer Schaltungsaufbau eines derartigen induktiven Wegsensors 1 ist in Fig. 3 dargestellt. Sowohl bei der prinzipiellen Darstellung gemäß Fig. 1 als auch bei der detaillierten Darstellung gemäß Fig. 3 sind jeweils nur die erfindungsgemäß wesentlichen Bauteile bzw. Bauteile gemäß bevorzugter Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt, nicht jedoch sämtliche elektrischen bzw. elektronischen Bauteile des induktiven Wegsensors 1. Sowohl der Fig. 1 als auch der Fig. 3 kann entnommen werden, daß der induktive Wegsensor 1 mehrere hintereinander angeordnete Spulen 4 – im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 insgesamt acht und im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 insgesamt 16 Spulen 4 – einen Kondensator 5, ein Verstärkerelement 6, mindestens einen Umschalter 7 und eine Auswerteeinheit 8 aufweist. Die Spulen 4 sind – wie dies anhand der Fig. 4 und 5 ersichtlich ist – in Richtung der festzustellenden Position s des Beeinflussungselements 2 hintereinander angeordnet.

[0049] Als Umschalter 7 wird bei insgesamt acht Spulen 4 ein Multiplexer 1 aus 8 bzw. werden bei insgesamt 16 Spulen 4 zwei Multiplexer 1 aus 8 verwendet. Durch den Umschalter 7 wird jeweils eine Spule 4 mit dem Kondensator 5 verbunden, so daß die durch den Umschalter 7 angewählte Spule 4 und der Kondensator 5 einen Schwingkreis bilden. Zusammen mit dem Verstärkerelement 6 bildet der Schwingkreis dann einen Oszillator 9 mit einer durch die Induktivität der Spule 4 und die Kapazität des Kondensators 5 bestimmten Resonanzfrequenz. Ausgewertet wird nun die Veränderung der Frequenz des Oszillators 9 bzw. des Schwingkreises für jede Spule 4 in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements 2.

[0050] Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 1 und 3 wird von der Auswerteeinheit 8 eine Veränderung der Frequenz des Oszillators 9 gemessen, während bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 von der Auswerteeinheit 8 eine Veränderung der Amplitude des Oszillators 9 in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements 2 ausgewertet wird.

[0051] Die bevorzugte Auswertung einer Frequenzänderung erfolgt nun dadurch, daß der induktive Wegsensor 1 einen ersten Zähler 10 und einen zweiten Zähler 11 aufweist. Der erste Zähler 10 ist einerseits mit dem Oszillator 9 und andererseits über eine einstellbare Widerstandsbrücke 12 mit dem zweiten Zähler 11 verbunden. Der zweite Zähler 11 ist einerseits, wie zuvor ausgeführt, mit dem ersten Zähler 10, andererseits sowohl mit dem Umschalter 7 als auch mit der Auswerteeinheit 8 verbunden.

[0052] Der erste Zähler 10 zählt die Anzahl der Schwingungen des Oszillators 9 bis zu einem über die Widerstandsbrücke 12 einstellbaren Wert. Hat der erste Zähler 10 diesen voreingestellten Wert erreicht, so gibt er einen Impuls an den zweiten Zähler 11 ab. Der zweite Zähler 11 erzeugt eine bei eins beginnende Adresse, die jeweils um eins erhöht wird, wenn der zweite Zähler 11 den Impuls vom ersten Zähler 10 erhält. Dadurch, daß der zweite Zähler 11 mit dem Umschalter 7 verbunden ist, bewirkt eine Änderung der Adresse durch den zweiten Zähler 11 jeweils auch ein Weitschalten des Umschalters 7, wodurch sichergestellt ist, daß jeweils genau dann mit der Messung der nächsten Spule 4 begonnen wird, wenn mit der vorherigen Spule 4 die voreingestellte Anzahl von Schwingungen des Oszillators 9 am ersten Zähler 10 erreicht worden ist.

[0053] Der zweite Zähler 11 weist insgesamt vier Ausgänge 13 auf, so daß durch den zweiten Zähler 11 insgesamt

16 Adressen im Dual-Code dargestellt werden können. Die Auswerteeinheit 8, die ebenfalls mit dem zweiten Zähler 11 verbunden ist, erhält aus der aktuellen Adresse zum einen die Information, welche Spule 4 gerade durch den Umschalter 7 angewählt ist, mißt zum anderen die Zeitdauer, die die jeweilige Adresse anliegt. Hierzu wird die Zeit zwischen den High/Low-Flanken am niederwertigsten Ausgang 13 des zweiten Zählers 11 gemessen. Diese Zeit entspricht der Zeit, die der erste Zähler 10 braucht, bis er den voreingestellten Wert erreicht hat.

[0054] Bei Beeinflussung der Frequenz des Oszillators 9 durch eine Annäherung des Beeinflussungselements 2 an die gerade durch den Umschalter 7 angewählte Spule 4 und bei Auswertung des Transformatoreffekts erfolgt eine Vergrößerung der Frequenz des aus der gerade angewählten Spule 4 und dem Kondensator 5 bestehenden Schwingkreises bzw. der Frequenz des Oszillators 9, so daß der Zähler 10 den voreingestellten Wert innerhalb einer kürzeren Zeit erreicht, jeweils verglichen mit dem Zustand, in dem das Beeinflussungselement 2 so weit von der angewählten Spule 4 entfernt ist, daß es diese nicht beeinflusst.

[0055] Bei einer Resonanzfrequenz des unbeeinflussten, durch eine Spule 4 und den Kondensator 5 gebildeten Schwingkreises von ca. 0,5–10 MHz beträgt der Frequenzunterschied und damit auch der von der Auswerteeinheit 8 gemessene Zeitunterschied zwischen dem vollkommen unbeeinflussten und dem maximal beeinflussten Zustand einer Spule 4 ca. 20–30%. Beträgt die Resonanzfrequenz des unbeeinflussten Schwingkreises 500 kHz und ist am ersten Zähler 10 ein Wert von 5000 eingestellt, so benötigt der erste Zähler 10 bei völlig unbeeinflusster Spule 4 nur 10 ms zum Erreichen des voreingestellten Wertes. Bei einem induktiven Wegsensor 1 mit insgesamt 16 hintereinander angeordneten Spulen 4 werden somit nur insgesamt ca. 160 ms benötigt, bis alle Spulen 4 abgefragt sind und somit die Position des Beeinflussungselements 2 festgestellt worden ist.

[0056] Bei einem Schaltungsaufbau eines induktiven Wegsensors 1 gemäß der in Fig. 2 dargestellten Prinzipskizze mißt die Auswerteeinheit 8 die Veränderung der Amplitude eines jeden Oszillators 9, so daß hierbei keine Zähler erforderlich sind. Dagegen muß die als Mikroprozessor ausgebildete Auswerteeinheit 8 zumindest einen Analog/Digital-Wandler 14 und, wenn das Ausgangssignal 15 analog ausgegeben werden soll, auch noch einen Digital/Analog-Wandler 16 aufweisen. Das Schalten des Umschalters 7 erfolgt hierbei direkt durch die Auswerteeinheit 8.

[0057] Die Fig. 4 und 5 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel eines induktiven Wegsensors 1, insbesondere die Anordnung der jeweils acht Spulen 4 zueinander. Die Spulen 4 sind dabei jeweils als hohlzylindrische Spulen 4 ausgebildet, so daß dann das Beeinflussungselement 2 entlang der Zylinderachse Z der Spulen 4 beweglich angeordnet ist. Zur Entkopplung der einzelnen Spulen 4 untereinander sind diese jeweils in einem Schalenkern 17 angeordnet, wobei der Schalenkern 17 zum Beeinflussungselement 2 hin, d. h. zur Zylinderachse Z hin, offen ist. Die einzelnen Schalenkerne 17 können im Schnitt U-förmig (Fig. 4) oder L-förmig (Fig. 5) ausgebildet sein. Auch können die einzelnen Schalenkerne 17 einteilig oder zweiteilig ausgebildet sein oder es können alle Schalenkerne 17 insgesamt einstückig und damit rohrförmig ausgebildet sein. Ein solches die einzelnen Schalenkerne 17 bildendes Rohr kann beispielsweise aus einem gespritzten Kunststoff mit Ferrit-Pulver hergestellt sein.

[0058] Fig. 6 zeigt eine Anordnung mehrerer Spulen 4 eines induktiven Wegsensors 1 auf einem flexiblen Träger 18, der vorliegend durch eine Folie oder einen Leiterfilm realisiert ist. Die Spulen 4 sind hierbei als Flachspulen ausgebildet und auf den flexiblen Träger 18 aufgeätzt. Die Spulen 4

sind beidseitig auf den flexiblen Träger 18 aufgeätzt, was in Fig. 6 durch die gestrichelte Darstellung der Spulenbahnen angedeutet ist. Dadurch kann die Windungszahl der einzelnen Spulen 4 verdoppelt werden, wodurch Windungszahlen zwischen 50 und 100 erreichbar sind. Jede Spule 4 besteht dabei aus zwei Teilspulen 41, 42, die sich im aufgewickelten Zustand des flexiblen Trägers 18 einander gegenüber liegen. Hintereinander angeordnete Spulen 4 bzw. Teilspulen 41, 42 sind jeweils derart versetzt zueinander angeordnet, daß die hintereinander angeordneten Spulen 4 dann, wenn der flexible Träger 18 auf einem Rohr aufgewickelt ist, jeweils um 90° verdreht zueinander angeordnet sind. Hierdurch wird eine Entkopplung der einzelnen Spulen 4 untereinander realisiert. Besteht der flexible Träger 18 aus einem ferromagnetischen Material, beispielsweise aus einer Ferrit-Polymer-Composit-Folie, so wird dadurch zum einen die Entkopplung der einzelnen Spulen 4 untereinander weiter verstärkt, erfolgt zum anderen eine Abschirmung des induktiven Wegsensors 1 gegenüber der Umgebung, so daß keine durch die Spulen 4 erzeugten elektromagnetischen Felder in die Umgebung abgestrahlt werden.

[0059] Eine alternative Anordnung mehrerer flach ausgebildeter Spulen 4 auf einer starren Leiterplatte 19 zeigt Fig. 7a. Die Spulen 4 sind sowohl auf die Vorderseite als auch auf die Rückseite der Leiterplatte 19 aufgeätzt und weisen jeweils 30 Windungen auf. Außer den hier dargestellten rechteckigen Spulenbahnen sind beispielsweise auch kreisrunde Spulenbahnen möglich. Bei Verwendung eines starren Trägers in Form einer Leiterplatte 19 kann das Beeinflussungselement 2, wie in Fig. 7b dargestellt, U-förmig oder gabelförmig ausgebildet sein. Da die Spulen 4 sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite der Leiterplatte 19 angeordnet sind, ergibt sich mit einem U-förmig oder gabelförmig ausgebildeten Beeinflussungselement 2 ein größeres Nutzsignal. Die Leiterplatte 19 ist mit einem Leiterfilm 20 verbunden, auf dem weitere Bauteile 21 des induktiven Wegsensors 1 angeordnet sind.

[0060] Die Fig. 8 zeigt eine Anordnung mehrerer hohlzylindrischer Spulen 4, wobei im Unterschied zu den Fig. 4 und 5 die Entkopplung zwischen den einzelnen Spulen 4 nicht durch Schalenkerne 17 sondern durch Folien 22 aus einem Ferrit-Polymer-Composit und durch als Lochscheiben ausgebildeten Kupferfolien 23 erfolgt. Die Kupferfolien 23 sind dabei jeweils zwischen zwei benachbarten Spulen 4 angeordnet, die jeweils auf den Folien 22 angeordnet sind. Die Folien 22 weisen eine Grundfläche 24 und mehrere durch Schlitzte voneinander getrennte Bereiche 25 auf, die um die Spulen 4 gefaltet werden können.

[0061] Fig. 9 zeigt schließlich Meßkurven 26, 27 der einzelnen Spulen 4, bei denen die von der Auswerteeinheit 8 gemessene Zeit t in Abhängigkeit von der Position s des Beeinflussungselements 2 für mehrere Spule 4 aufgetragen ist. Fig. 9a zeigt dabei die Meßkurven 26 bei einem stabförmigen Beeinflussungselement 2 und Fig. 9b die Meßkurven 27 bei einem scheibenförmigen Beeinflussungselement 2. Ein stabförmiges Beeinflussungselement 2 erzeugt je Spule 4 jeweils nur eine Flanke 28, während ein scheibenförmiges Beeinflussungselement 2 pro Spule 4 zwei Flanken 29, 30 erzeugt, wodurch zum einen mehr Informationen über die Position des Beeinflussungselements 2 in der Auswerteeinheit 8 zur Verfügung stehen, zum anderen eine induktiver Wegsensor 1 mit einer deutlich geringeren Baulänge realisierbar ist. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Länge L_{BE} des Beeinflussungselements 2 so gewählt wird, daß das Beeinflussungselement 2 unabhängig von seiner Position stets mindestens eine Spule 4 zu 100% beeinflusst. Dies ist dann der Fall, wenn die Länge L_{BE} des Beeinflussungselements 2 folgender Gleichung genügt:

$LBE = 2 \cdot B_{Sp} + A$, mit

B_{Sp} = Breite einer Spule 4

A = Abstand zwischen zwei Spulen 4.

[0062] Das Beeinflussungselement 2 weist vorzugsweise eine glatte Oberfläche auf und besteht aus einem Ferrit oder einem Metall.

Patentansprüche

1. Induktiver Wegsensor zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements (2), mit mehreren hintereinander angeordneten Spulen (4), mit mindestens einem Kondensator (5), mit mindestens einem Verstärkerelement (6), mit mindestens einem Umschalter (7) und mit einer Auswerteeinheit (8), wobei je eine Spule (4) und der bzw. ein Kondensator (5) einen Schwingkreis bilden und je ein Schwingkreis und das bzw. ein Verstärkerelement (6) einen Oszillator (9) bilden, wobei nacheinander die einzelnen Spulen (4) bzw. die einzelnen Oszillatoren (9) durch den Umschalter (7) ausgewählt werden und wobei die Auswerteeinheit (8) eine Veränderung der Impedanz der durch den Umschalter (7) angewählten Spule (4) bzw. des durch den Umschalter (7) angewählten Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements (2) relativ zu der jeweiligen Spule (4) mißt.
2. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Schwingkreis denselben, insbesondere den gleichen Kondensator (5) und jeder Oszillator (9) dasselbe, insbesondere das gleiche Verstärkerelement (6) aufweist.
3. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8) eine Veränderung der Frequenz einer jeden Spule (4) bzw. eines jeden Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements (2) relativ zu der jeweiligen Spule (4) mißt.
4. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zähler vorgesehen ist, der einerseits mit dem Oszillator (9) und andererseits mit der Auswerteeinheit (8) verbunden ist, wobei der Zähler die Anzahl der Schwingungen des Oszillators (9) zählt und die Auswerteeinheit (8) die Zeit mißt, die vergeht, bis der Zähler einen voreingestellten Wert erreicht hat.
5. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zähler vorgesehen ist, der einerseits mit dem Oszillator (9) und andererseits mit der Auswerteeinheit (8) verbunden ist, wobei der Zähler während einer vorgegebenen Zeitdauer die Anzahl der Schwingungen des Oszillators (9) zählt und die Auswerteeinheit (8) diese Anzahl auswertet.
6. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Zähler (11) vorgesehen ist, der einerseits mit dem ersten Zähler (10) und andererseits mit dem Umschalter (7) und der Auswerteeinheit (8) verbunden ist, wobei der zweite Zähler (11) Adressen erzeugt, die bei eins beginnend jeweils um eins erhöht werden, wenn der erste Zähler (10) den voreingestellten Wert erreicht hat oder die vorgegebene Zeitdauer gezählt hat, und wobei der Umschalter (7) durch die vom zweiten Zähler (11) erzeugte Adresse geschaltet wird.
7. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8)

eine Veränderung der Amplitude eines jeden Schwingkreises bzw. eines jeden Oszillators (9) in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements (2) relativ zu den jeweiligen Spulen (4) mißt.

8. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Umschalter (7) von der Auswerteeinheit (8) geschaltet wird.

9. Induktiver Wegsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (4) als hohlzylindrische Spulen (4) ausgebildet sind und das Beeinflussungselement (2) entlang der Zylinderachse (Z) der Spulen (4) beweglich angeordnet ist.

10. Induktiver Wegsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (4) als Flachspulen ausgebildet sind, insbesondere auf einem flexiblen Träger (18) aufgezätzt sind.

11. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachspulen (4) beidseitig auf dem Träger (18, 19) aufgezätzt sind.

12. Induktiver Wegsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Spulen (4) untereinander entkoppelt sind.

13. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Spulen (4) durch Kurzschlußringe voneinander getrennt sind.

14. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Spulen (4) jeweils in einem Schalenkern (17) angeordnet sind, wobei die Schalenkerne (17) zum Beeinflussungselement (2) hin offen sind.

15. Induktiver Wegsensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (4) auf einer Folie (22) aus einem Ferrit-Polymer-Composit angeordnet sind und durch entsprechende Faltung der Folie (22) bzw. von Bereichen (25) der Folie (22) untereinander entkoppelt sind.

16. Induktiver Wegsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Beeinflussungselements (2) so gewählt ist, daß das Beeinflussungselement (2) unabhängig von seiner Position stets mindestens eine Spule (4) 100% beeinflusst.

17. Induktiver Wegsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Beeinflussungselement (2) scheibenförmig ausgebildet ist.

18. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements, beispielsweise eines Kolbens, innerhalb eines Gehäuses, beispielsweise eines Rohres, mit einem induktiven Wegsensor mit mehreren hintereinander angeordneten Spulen, mit mindestens einem Kondensator, mit mindestens einem Verstärkerelement, mit mindestens einem Umschalter und mit einer Auswerteeinheit, wobei je eine Spule und der bzw. ein Kondensator einen Schwingkreis bilden und je eine Schwingkreis und das bzw. ein Verstärkerelement einen Oszillator bilden, gekennzeichnet durch die Schritte

- Anwählen einer Spule bzw. eines Oszillators durch den Umschalter,
- Messen der Impedanz der durch den Umschalter angewählten Spule bzw. des durch den Umschalter angewählten Schwingkreises durch die Auswerteeinheit in Abhängigkeit von der Position des Beeinflussungselements relativ zu der Spule, wobei die vorgenannten Schritte so oft wiederholt werden, bis die Impedanz aller Spulen durch die Auswerteeinheit gemessen worden ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit eine Veränderung

der Frequenz einer jeden Spule bzw. eines jeden Schwingkreises in Abhängigkeit von der Position eines Beeinflussungselements relativ zu den jeweiligen Spulen mißt.

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei der induktive 5
Weggeber ein Zähler aufweist, der einerseits mit dem Oszillator und andererseits mit der Auswerteeinheit verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Zähler nacheinander die Anzahl der Schwingungen des Oszillators zählt, der gerade durch den Umschalter ange- 10
wählt ist, und die Auswerteeinheit jeweils die Zeit mißt, die vergeht, bis der Zähler einen voreingestellten Wert erreicht hat.

21. Verfahren nach Anspruch 19, wobei der induktive 15
Weggeber ein Zähler aufweist, der einerseits mit dem Oszillator und andererseits mit der Auswerteeinheit verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Zähler jeweils während einer vorgegebenen Zeit die Anzahl der Schwingungen des Oszillators zählt, der gerade 20
durch den Umschalter angewählt ist, und die Auswerteeinheit diese Anzahl auswertet.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, wobei der induktive Weggeber einen zweiten Zähler aufweist, der 25
einerseits mit dem ersten Zähler und andererseits mit der Auswerteeinheit und dem Umschalter verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Zähler bei Erreichen des voreingestellten Wertes oder nach Ablauf der vorgegebenen Zeit einen Impuls an den zweiten Zähler abgibt, der zweite Zähler Adressen erzeugt, 30
die bei eins beginnend jeweils um eins erhöht werden, wenn der zweite Zähler den Impuls vom ersten Zähler erhält, und der Umschalter entsprechend der vom zweiten Zähler erzeugten Adresse eine Spule bzw. einen Oszillator anwählt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei der zweite 35
Zähler mehrere Ausgänge aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Adressen vom zweiten Zähler im Dual-Code erzeugt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 20 und Anspruch 22 40
oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit aus der vom zweiten Zähler erzeugten Adresse zum einen die Information entnimmt, welche Spule bzw. welcher Oszillator gerade durch den Umschalter angewählt ist, zum anderen die Zeitdauer mißt, wäh- 45
rend der die Adresse anliegt.

25. Verfahren nach Anspruch 22 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die Zeit zwischen den High/Low-Flanken am niederwertigsten Ausgang mißt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, 50
dadurch gekennzeichnet, daß in einem Eichvorgang das Beeinflussungselement über die maximale meßbare Länge des induktiven Weggebers verfahren wird und die erhaltenen Werte als Korrektur bzw. Referenz- 55
Werte gespeichert werden.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

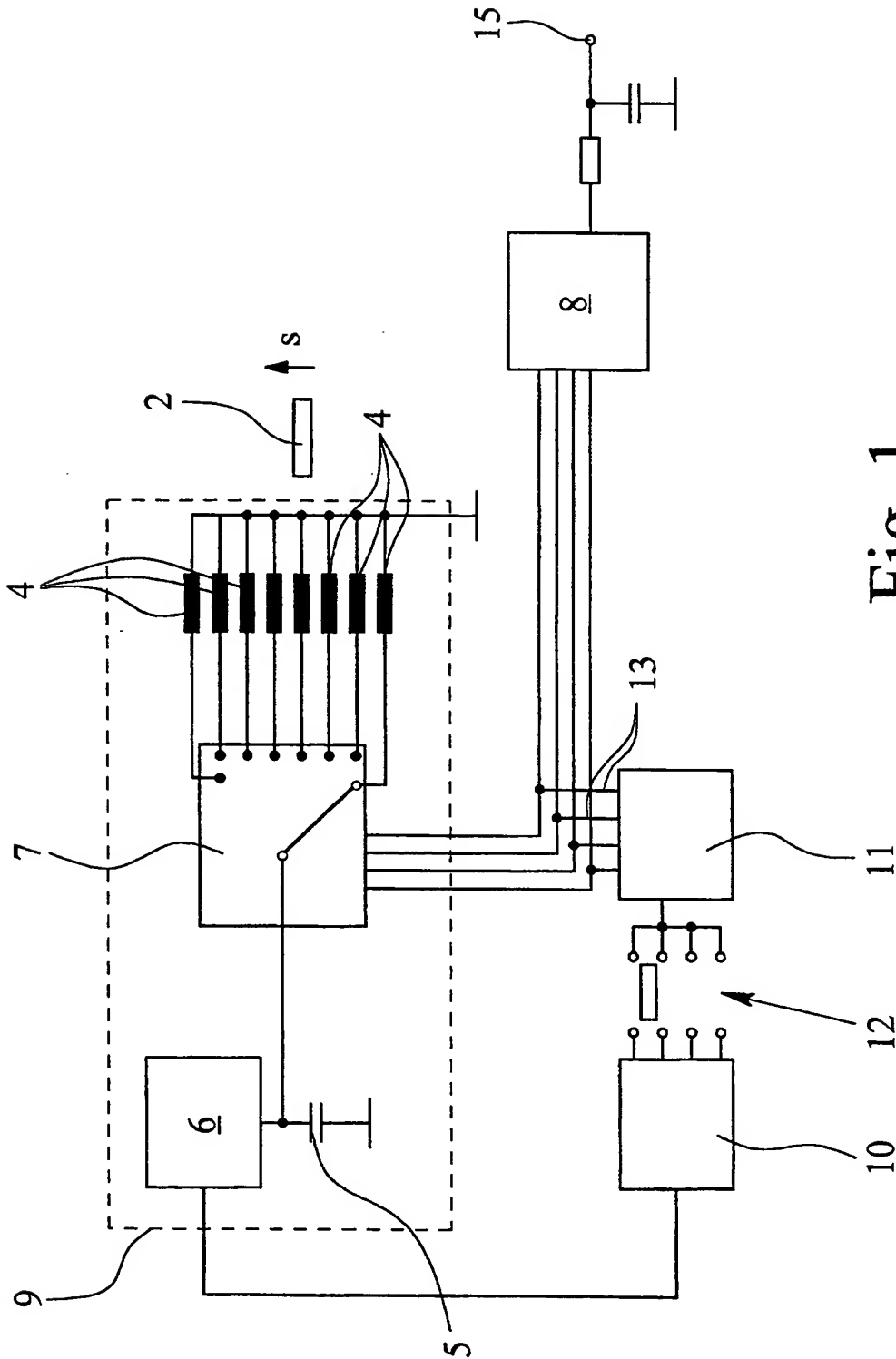


Fig. 1

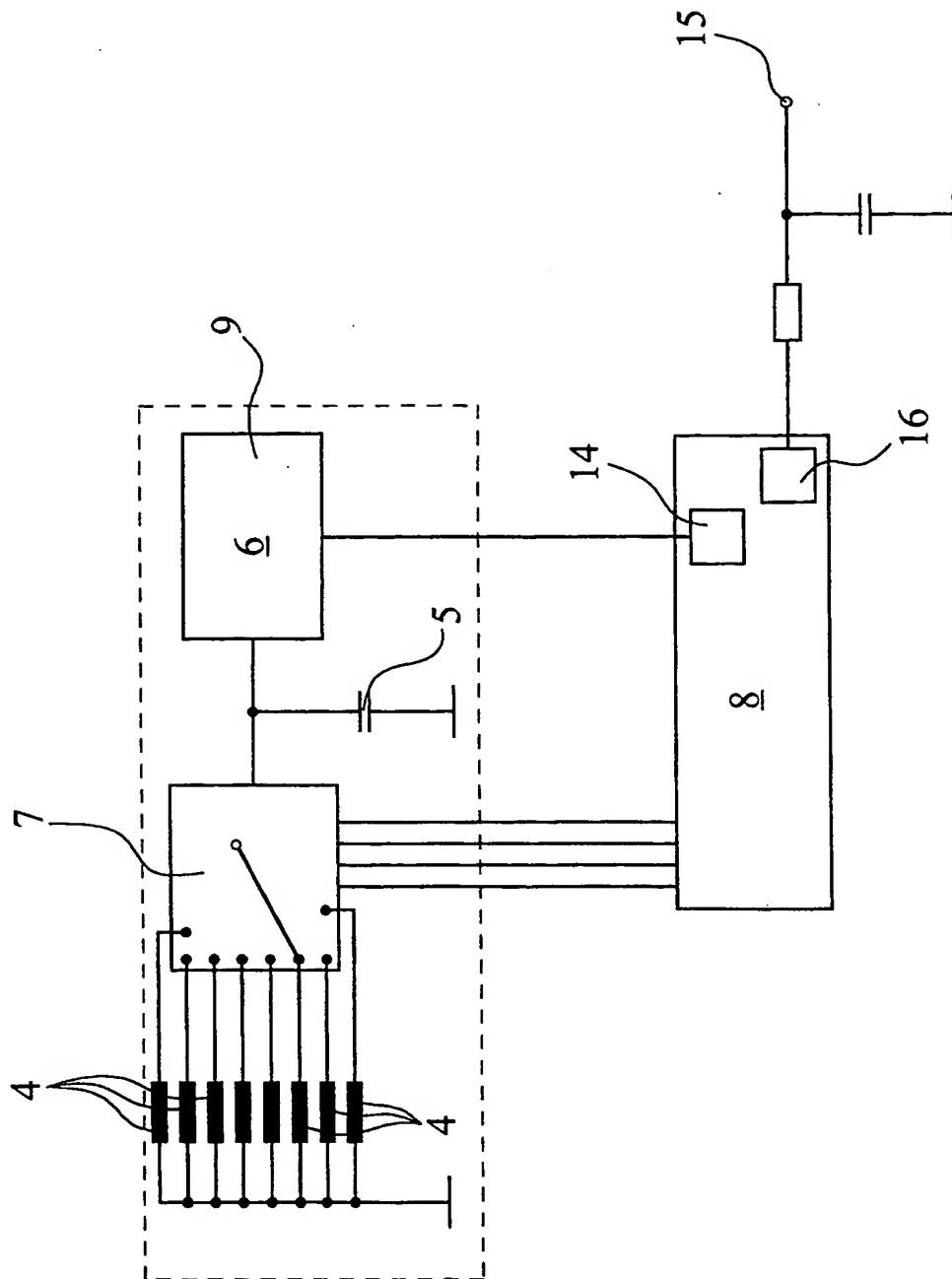


Fig. 2

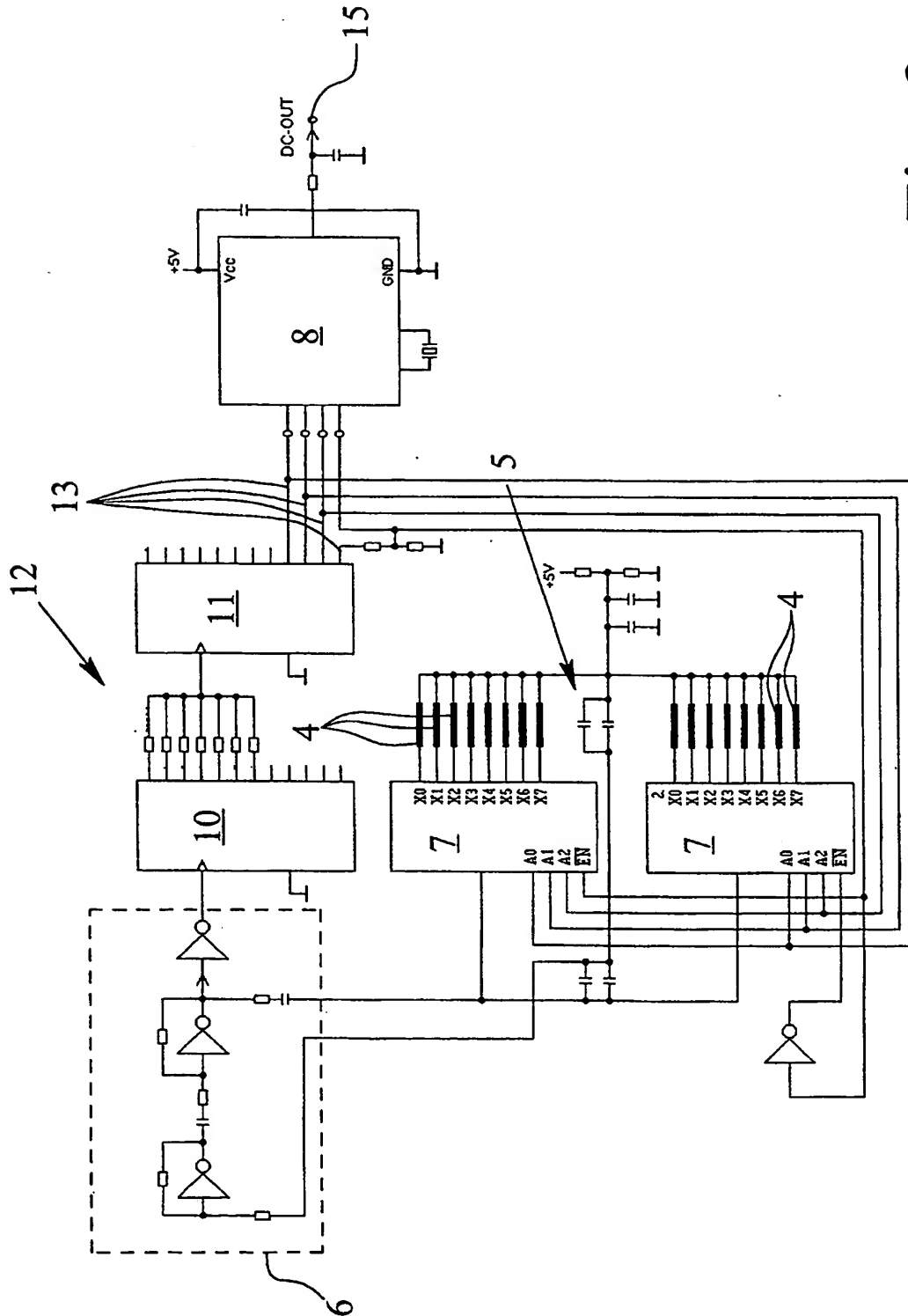


Fig. 3

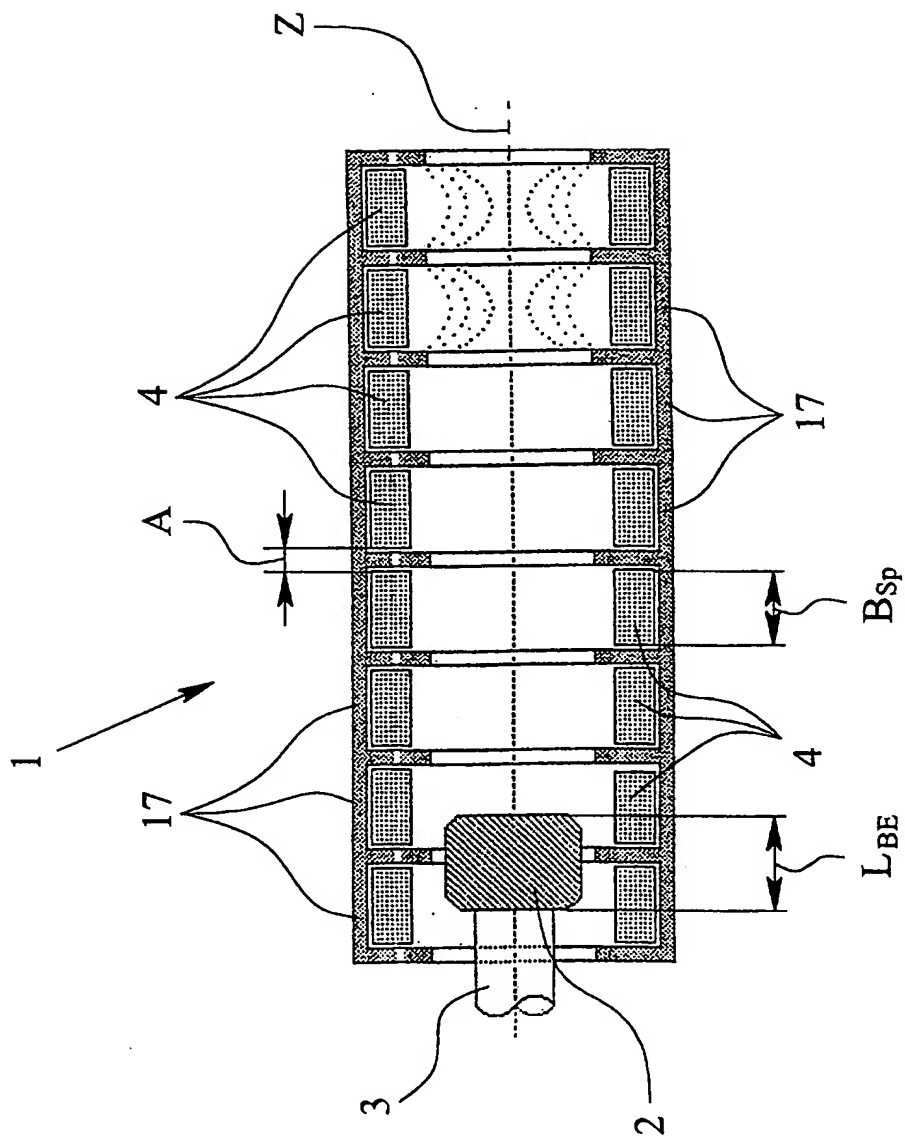


Fig. 4

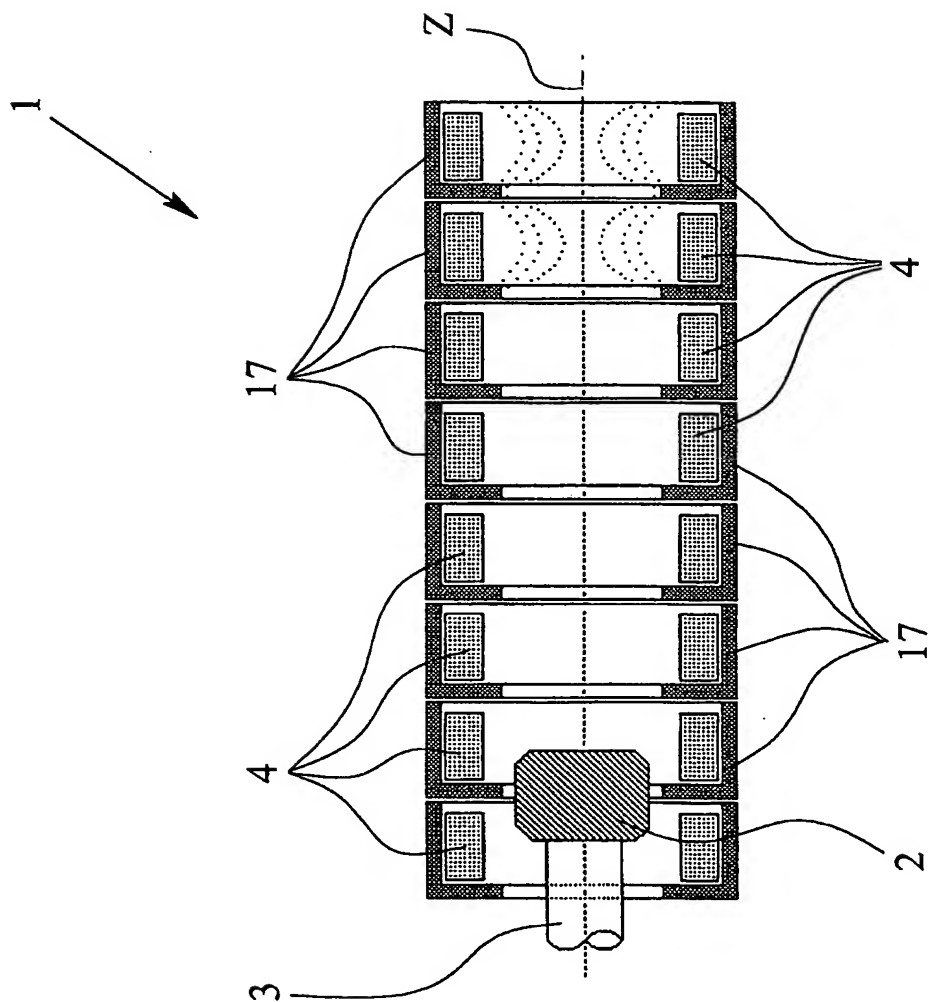


Fig. 5

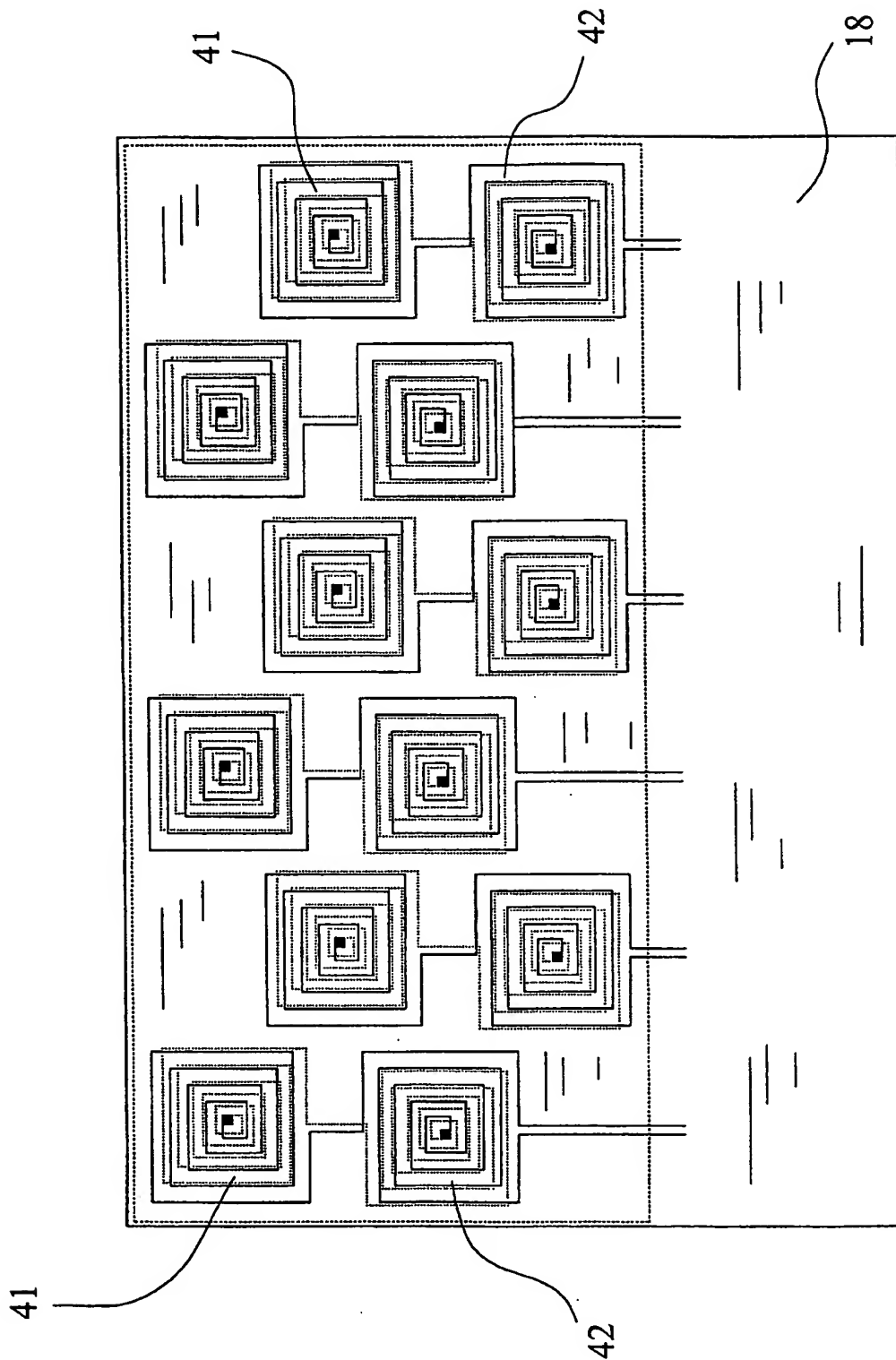


Fig. 6

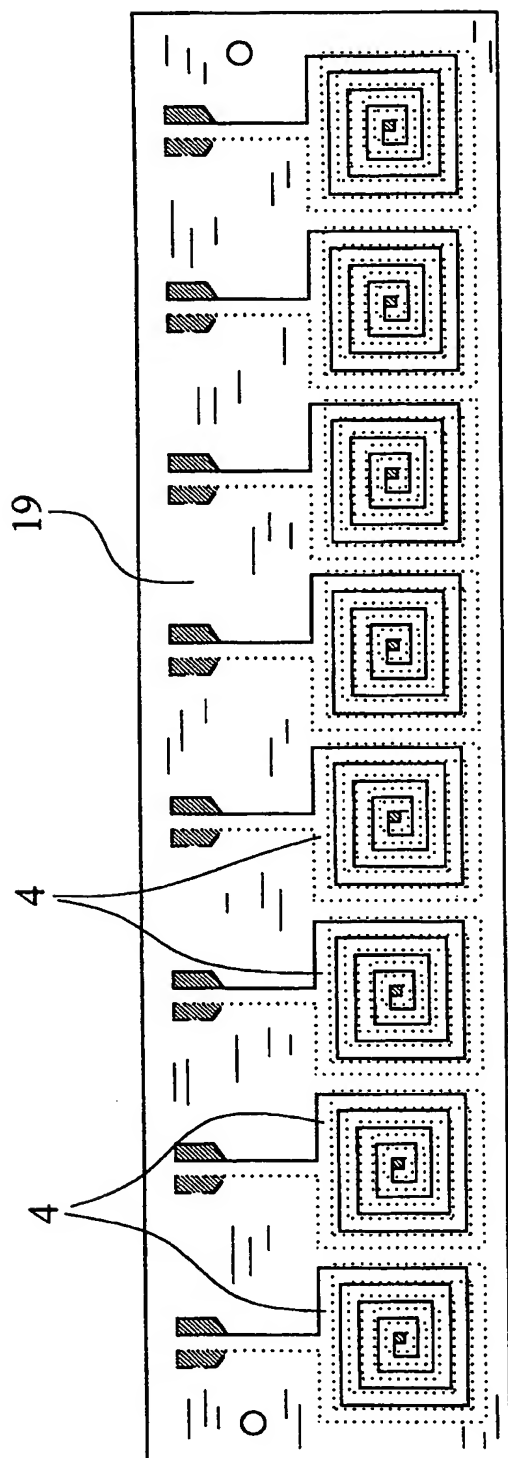


Fig. 7a

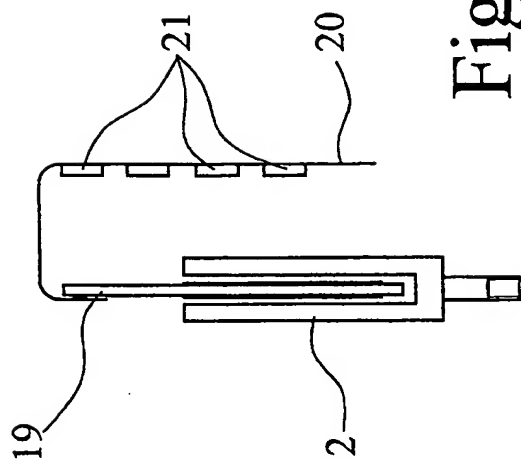


Fig. 7b

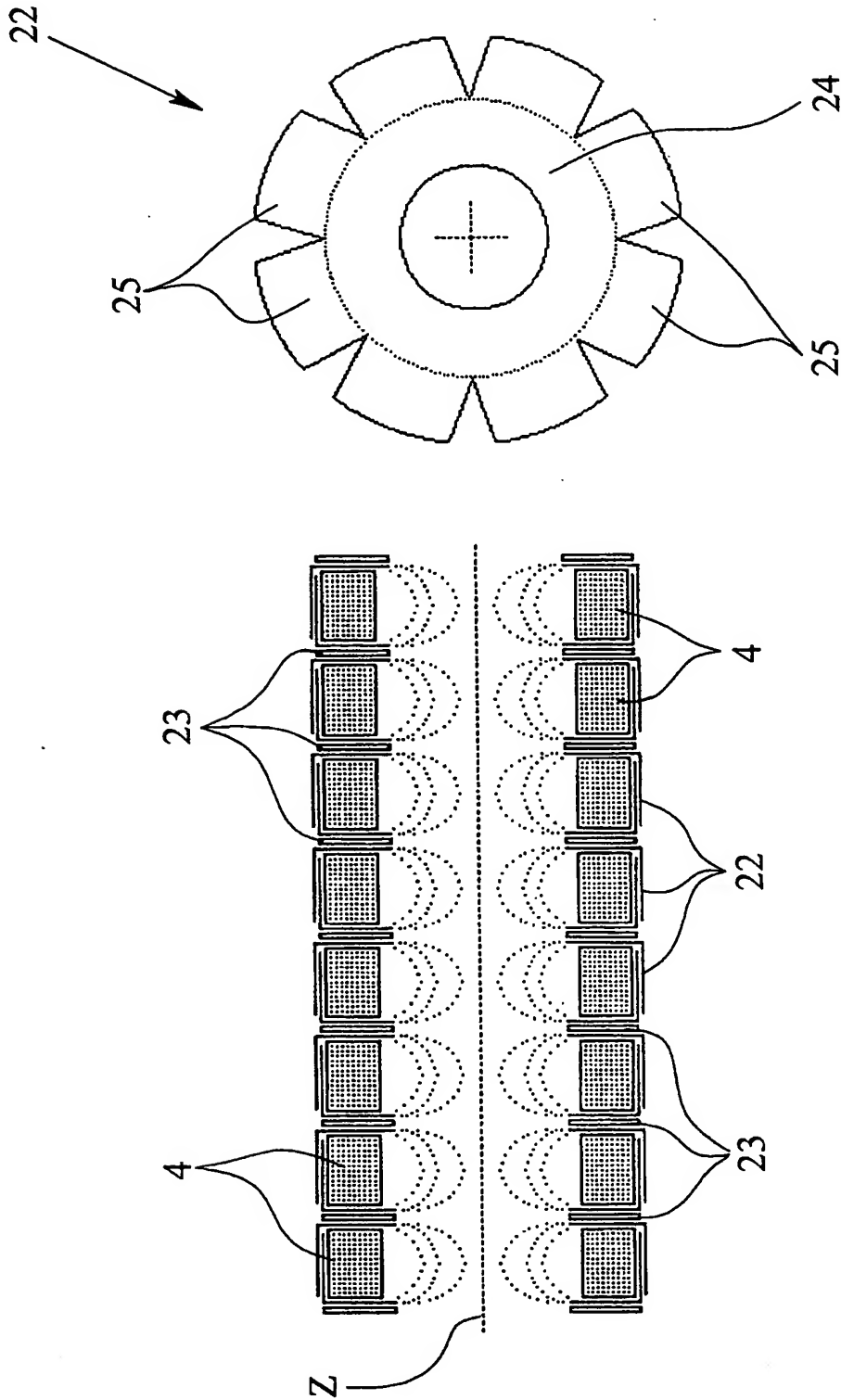


Fig. 8

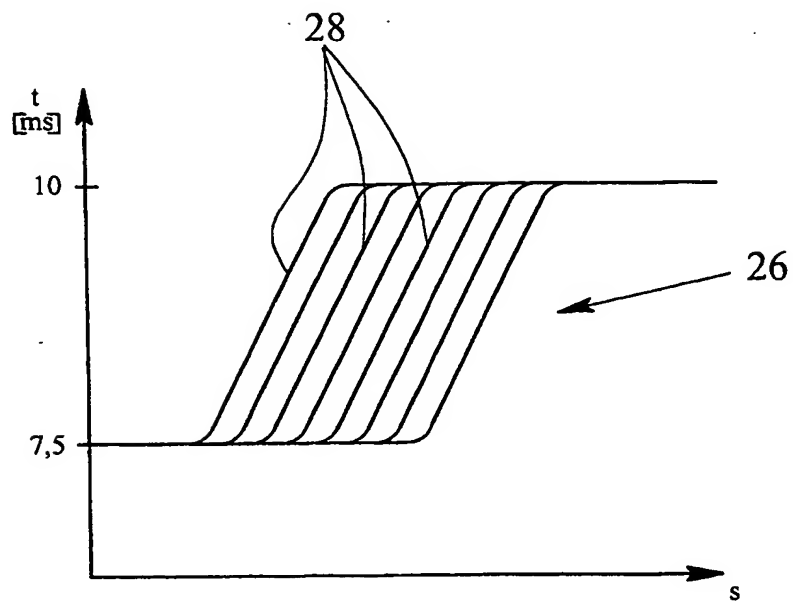


Fig. 9a

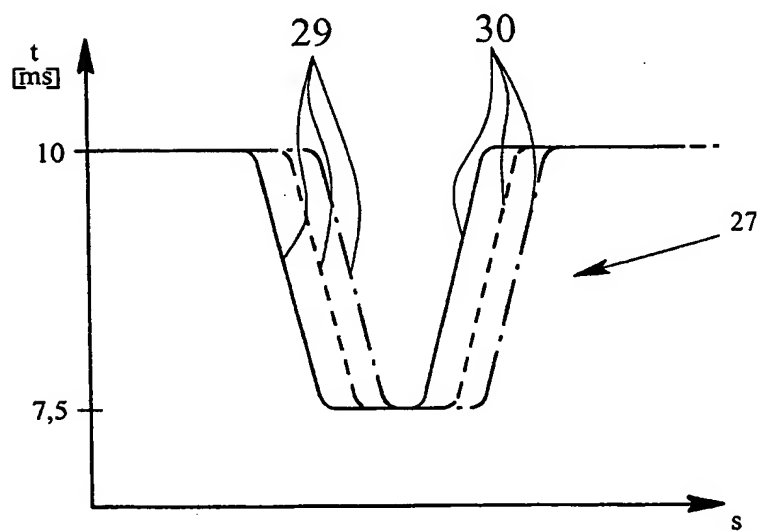


Fig. 9b